

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CAMPUS APARECIDA DE GOIÂNIA
DEPARTAMENTO DE ÁREAS ACADÊMICAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

**O ESTUDO DO MÉTODO NÃO DESTRUTIVO HDD COMO
ALTERNATIVA À ABERTURA DE VALAS PARA
IMPLEMENTAÇÃO DE LINHA DE ESGOTO EM RECIFE, PE**

JOÃO PEDRO VINHAS FUHR

APARECIDA DE GOIÂNIA
2019



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: João Pedro Binhas Luche

Matrícula: 20153090048252

Título do Trabalho: O Estudo do Tráfego Nos Dispositivos HDD como alternativa à
Abertura de Tráfego para Implantação de Linha de Esqueleto em Recife/PE.

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no ReDi/IFG: 1/21/2020

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☐ Sim ☒ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- I. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- II. obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- III. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Assinatura de Luche 31, 1, 2020
Local Data

João Pedro Binhas Luche

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS APARECIDA DE GOIÂNIA
DEPARTAMENTO DE ÁREAS ACADÊMICAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

JOÃO PEDRO VINHAS FUHR

**O ESTUDO DO MÉTODO NÃO DESTRUTIVO HDD COMO
ALTERNATIVA À ABERTURA DE VALAS PARA
IMPLEMENTAÇÃO DE LINHA DE ESGOTO EM RECIFE, PE**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Campus Aparecida de Goiânia como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil e desenvolvido na linha de pesquisa de Saneamento, Meio ambiente e Planejamento Urbano sob orientação do Me. Wilson Marques Silva..

APARECIDA DE GOIÂNIA

2019



TERMO DE APROVAÇÃO

JOÃO PEDRO VINHAS FUHR

O ESTUDO DO MÉTODO NÃO DESTRUTIVO HDD COMO ALTERNATIVA À ABERTURA DE VALAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE LINHA DE ESGOTO EM RECIFE/PE.

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Campus Aparecida de Goiânia como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil o desenvolvido na linha de pesquisa Água e Meio Ambiente sob orientação do Me. Wilson Marques Silva.

Aprovado em 02 de Dezembro de 2019.

BANCA EXAMINADORA

Me. Wilson Marques Silva (Presidente - orientador)

Me. Rosinete Fernandes Bandeira (Membro Interno)

Esp. João Victor Vieira Neves (Membro Externo)

O ESTUDO DO MÉTODO NÃO DESTRUTIVO HDD COMO ALTERNATIVA À ABERTURA DE VALAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE LINHA DE ESGOTO EM RECIFE, PE

João Pedro Vinhas Fuhr, Instituto Federal de Goiás - IFG
jpedro.vfuhr@gmail.com

RESUMO

A necessidade de implantar tubulações subterrâneas para o acesso aos serviços públicos primordiais à população pode gerar transtornos sociais em vista do seu método executivo tradicional. A abertura de valas incide sobre a população, em decorrência de seu aspecto invasivo de execução, e gera distúrbios à rotina em sociedade: produto de seu impacto na dinâmica de trânsito. O seu desenvolvimento de lenta construção, atrelado às demais consequências, leva a engenharia à busca de novas tecnologias de implementação. Os métodos não destrutivos se apresentam como alternativa aos transtornos por não interromperem a superfície para que se execute os procedimentos subterrâneos. Neste contexto, o presente trabalho estuda o projeto de uma linha de recalque de esgoto sanitário, que será executada à luz de parte do sítio histórico do Recife, Pernambuco, pelo método não destrutivo de perfuração horizontal direcional (HDD). Realizou-se o comparativo de custos diretos entre a metodologia destrutiva e não destrutiva. O levantamento do custo social nos horários de pico foi levantado, onerado pelo trânsito conturbado por uma hipotética abertura de trincheiras, de forma que se tenha um parecer no que tange a viabilidade econômica da execução escolhida pela empresa.

Palavras-chave: Método não destrutivo. Método de abertura de valas, custos.

ABSTRACT

The need to deploy underground pipelines for access to primary public services for the population can cause social disruption in view of its traditional executive method. The opening of trenches affects the population, due to its invasive aspect of execution, and generates disturbances to the routine in society due to its impact on traffic dynamics. Its slow construction development, coupled with the other consequences, leads engineering to search for new implementation technologies. Non-destructive methods present themselves as an alternative to the disturbances of not interrupting the surface for underground procedures. In this context, the present work studies the design of a sanitary sewage discharge line, which will be executed in light of part of the historical site of Recife, Pernambuco, by the non-destructive method of horizontal directional drilling (HDD). A direct cost comparison was made between the destructive and non-destructive methodology. The survey of the social cost at peak hours was raised, burdened by traffic disturbed by a hypothetical trench opening, so that there is an opinion regarding the economic viability of the execution chosen by the company.

Keywords: non-destructive method, method of trenching, costs.

1

1. INTRODUÇÃO

A instalação de infraestruturas de saneamento ocorrem, geralmente, sobre vias públicas e quando à luz da execução pelo método de abertura de valas, impactam na vida em sociedade, promovendo o desgaste urbano em decorrência da interrupção do fluxo de trânsito. As consequências dessa execução acarretam em custos sociais, econômicos e

¹Fuhr, J.P.V. O estudo do Método Não Destrutivo HDD como alternativa à Abertura de Valas para implementação de Linha de Esgoto em Recife, PE. **Aparecida de Goiânia: IFG, 2019.**

ambientais que podem atingir grandes proporções (DEZOTTI, 2008).

Os custos totais de uma obra são divididos em diretos, indiretos e sociais. Tisaka (2006) define o direto como todos os gastos envolvidos na produção da construção: materiais, mão-de-obra, equipamentos auxiliares e a infraestrutura de apoio necessária para a sua execução no ambiente da construção. O conceito de custo social é o de sacrifício imposto à sociedade para que um processo produtivo aconteça, de forma que a população afetada seja onerada pela aquisição do serviço (CAMPOS, 1996).

A construção, manutenção e substituição da infraestrutura quando executada pela abertura da vala, acarretam nos custos sociais, que são exteriorizados nos danos à rodovia e pavimento (redução da vida útil), danos às infraestruturas adjacentes (tubulações existentes, por exemplo), ruído e vibração, poluição do ar, perturbação do tráfego veicular, segurança dos pedestres, perda comercial e turística, insatisfação de cidadãos e impactos ambientais (DEZOTTI, 2008, *apud*. SANZ, 2017, p.10). Tais dispêndios podem chegar a valores relevantemente maiores do que o orçamento do projeto inteiro (NAJAFI, 2016).

Conforme Dezotti (2008) e Najafi (2016), existe uma dificuldade eminente para que o analista valore os custos sociais, tal que os julgamentos de viabilidade econômica considerando tal cunho não acontecem, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil. Desta forma, a escolha da alternativa é precipitada e pode vir a ser inadequada para o cenário do projeto (MOTTA, 1997).

Nas áreas urbanas, a demanda por métodos que minimizem a interferência na superfície é crescente (DEZOTTI, 2008), uma vez que a redução no tempo indesejado em trânsito viabiliza o melhor acesso aos diferentes tipos de serviços, desde emergenciais à comerciais, tal que o mercado e estado não sofram grandes perdas (VIANNA, 2013).

Os métodos não destrutivos se apresentam como alternativa à abertura de valas e à redução de custos sociais, tal que são constituídos de técnicas que executam as tubulações visadas fazendo uso mínimo ou inexistente da escavação, e consequentemente, baixa interferência no âmbito urbano. Celestino (2016) afirma que tal metodologia tem sido extensamente empregada em países desenvolvidos como os Estados Unidos, porém no Brasil ainda em pequena escala.

O trabalho abordará o projeto de linha de recalque de esgoto que será executada pelo método não-destrutivo de perfuração horizontal direcional, e pretende-se que esteja apto a compará-lo às aberturas de trincheiras. O caminhamento da tubulação percorre os setores de Santo Antônio e São José que são considerados sítios históricos pela prefeitura de Recife. A região é composta pelo nicho do serviço público, comercial e turístico.

O objetivo geral visa materializar o comparativo de custos entre o método de abertura de valas e o método não-destrutivo de perfuração horizontal direcional e atestar ou contestar a viabilidade econômica do método de construção escolhido pela empresa projetista, perfuração horizontal direcional com base na análise do fluxo de veículos nos horários de pico na região de projeto e valoração monetária do custo social.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Método de Abertura de Valas

O método de abertura de valas é considerado tradicional para a instalação de tubulações subterrâneas e consiste na escavação ao longo de toda a extensão da rede proposta, desaterrando desde a superfície do terreno até o ponto de instalação dos tubos (DEZOTTI, 2008).

A NBR 12266 (ABNT, 1992) indica diretrizes e condições para a consolidação do projeto a partir da execução de valas para assentamentos de tubulações de água, esgoto ou

drenagem urbana. Dezotti (2008) afirma que o documento determina para o assentamento dos dutos as fases de locação, sinalização, remoção do pavimento, abertura de vala, esgotamento, escoramento, assentamento, preenchimento da vala e recomposição do pavimento.

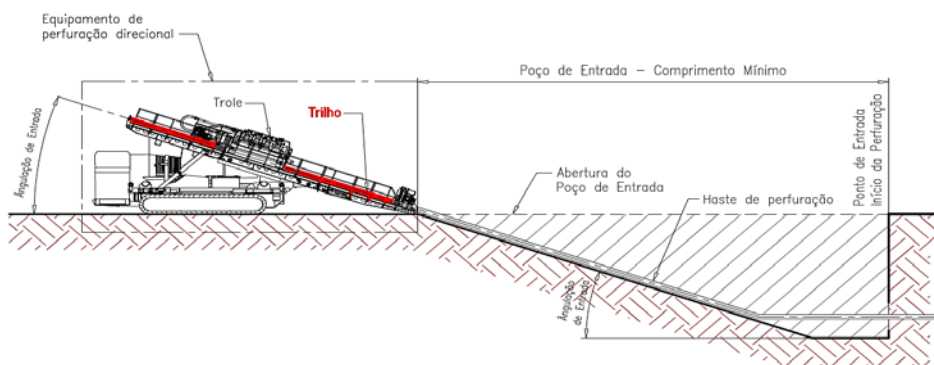
2.2. Método Não Destrutivo: Perfuração Horizontal Direcional – “*Horizontal Directional Drilling*” (HDD)

O método da Perfuração Horizontal Direcional (HDD) é definido por Najafi (2016) como um sistema de perfuração dirigível que visa a instalação de tubulações e cabos. Tal técnica tem notório destaque entre as demais MNDs por agregar à obra o controle de sua localização e direcionamento, durante a etapa de execução. Trata-se de uma técnica muito versátil, pois é aplicável a uma larga escala de diâmetros e pode ser utilizada para o cruzamento de lagos, rios, canais, hábitat de vida selvagem além da aplicação tradicional em execuções não destrutivas abaixo de rodovias e ferrovias (CAPP, 2004, apud. DEZOTTI, 2008, p.29).

O tipo de tubo a ser implantado para a linha de serviço público deve ser liso, flexível e possuir resistência para resistir às cargas e tensões durante a execução da infraestrutura visada. Os materiais mais usados para a classe do não destrutivo é a tubulação em aço e o polietileno de alta densidade (PEAD), conforme Dezotti (2008).

O processo de execução do projeto hidráulico pode ser resumido na construção de poço de entrada e saída, sendo sequência a aplicação de uma máquina perfuratriz rotativa (Figura 1) que executa por meio de um sistema direcional controlado por monitoramento o furo piloto através da haste de perfuração. Uma broca em forma de pá (cabeça perfuradora) é o agente de escavação, realizando a movimentação de terra com o auxílio de jatos de água e aditivos na alta pressão. Posteriormente, executa-se o alargamento do solo por mecanismo específico e a retirada do furo piloto para que se execute a tubulação (RIGHI, 2015).

Figura 1 – Etapa de execução primária do HDD.



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019.

2.3. Custos de Atraso no Deslocamento

Os métodos tradicionais ocasionam a interrupção de faixas e ruas, e esta obstrução perdura por todo o tempo da etapa construtiva, resultando em congestionamentos e atrasos (DEZOTTI, 2008). O aumento do período de deslocamento pode ser valorado com base no rendimento médio de trabalho, uma vez que o tempo de atraso consequencial ao trânsito poderia ser a ocasião do trabalhador exercer atividades produtivas (YOUNG; AGUIAR; POSSAS, 2013). O método para o cálculo de tais infortúnios é identificado na literatura como o de produtividade marginal ou produção sacrificada, desenvolvido por Motta (1997), para valorar a perda econômica com o aumento do tempo de viagem.

A abordagem é análoga ao cálculo do Custo de Oportunidade, empregado por Cintra (2014), que discorre sobre o valor teórico monetário relacionado ao uso alternativo do tempo gasto pela população nos congestionamentos. O método estima o valor da hora média trabalhada na cidade de São Paulo a partir da divisão do Produto Interno Bruto (PIB) da cidade com o

o número da População Economicamente Ativa (PEA) da Região Metropolitana, realizando as devidas conversões.

O encargo pelo tempo adicional no tráfego considerado por Dezotti (2008) foi baseado na abordagem utilizada pela Empresa Brasileira de Transportes Urbanos (EBTU) para o projeto BIRD IV, em 1986. A técnica de cálculo (Equação 1) tem seu viés equivalente aos métodos de Cintra (2014) e Motta (1997), contudo, pondera a operação matemática por meio de coeficientes condizentes aos encargos sociais, possibilidade de uso alternativo em quantidade útil de tempo e percentual de uso produtivo de tal período.

$$CA = At \left(\frac{RMS \times ES \times FA \times HP}{NH} \right) \quad (1)$$

Onde:

CA = custo devido a atrasos (R\$);

At = quantidade total de atraso (h);

RSM = renda média da população economicamente ativa (R\$);

FA = possibilidade de uso alternativo em qualidade de uso, usualmente considerada 0,3.

HP = percentual de uso produtivo do tempo (% viagens a trabalho + % viagens casa-trabalho*0,75). Caso não disponível, usualmente adota-se 0,5.

NH = número de horas trabalhada por mês.

3. O PROJETO DE ESTUDO: CARACTERÍSTICA E CONTEXTO

O presente capítulo visa informar as generalidades e particularidades que tangenciam o projeto hidráulico referido, de forma que se permita ter uma ampla visão do objeto de estudo e que seja notório os indicadores técnicos e sociais que motivam e embasam a elaboração desta pesquisa. Logo, neste tópico, aprofunda-se no projeto hidráulico de uma linha de recalque de esgoto sanitário que será implantada na cidade de Recife, Pernambuco (PE), sendo os setores que receberão o serviço construtivo o Santo Antônio e o São José..

O projeto visa a implementação a partir de sua interligação com a tubulação existente que recebe bombeamento de uma estação de elevatória de esgoto, conforme ilustra o Anexo B. A empresa responsável pela concepção e criação do projeto previu um total de 1575 metros de tubo PEAD/Liso com diâmetro externo de 630mm (DE630), equivalente ao diâmetro nominal de (600mm), para que a tubulação encaminhasse com segurança, funcionalidade e economia o fluido à sua destinação correta, lançando-o em um coletor de esgoto existente.

O caminhamento da tubulação projetada está enquadrado no sítio histórico do Recife, conforme o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN, s.d.) e pela Lei de Uso e Ocupação do Solo de Recife (RECIFE, s.d.), os bairros se enquadram nas Zonas Especiais de Preservação do Patrimônio Histórico-Cultural e integram a 1ª Região Político-Administrativa do Recife (RPA-1). A região é considerada mista, por permitir o comércio e uso residencial nos seus limites e enquadra mais de 25 pontos turísticos. As atividades de administração e justiça públicas também abrangem significativa concentração.

O centro tradicional de comércio de Recife é delimitado pelos bairros de Santo Antônio, São José e Boa Vista e estes são preenchidos pelo comércio varejista e de atacado, com forte presença do comércio informal (COSTA; PINTAUDI, 2002). Araújo (2012) em pesquisa sobre o comércio informal no centro expandido do Recife registrou cerca de 2083 trabalhadores para o ano de 2006, para os bairros onde a infraestrutura de saneamento será executada. Um número relevante quando se considera que a população local de habitantes está em torno de 8973 conforme o Censo do IBGE (2010).

4. METODOLOGIA

Para que se cumpram os objetivos específicos e o objetivo geral, o de estimar os custos para ambas as técnicas de execução de linhas de saneamento e compará-los, foram abordados alguns procedimentos que aqui serão descritos e esclarecidos de forma que se ilustre a credibilidade da pesquisa.

4.1 Orçamentação

Para que se fundamentasse a estimativa dos custos diretos, inicialmente foi estudado o projeto hidráulico em questão e com o embasamento na revisão bibliográfica, foram identificados e categorizados os tipos de serviços (Sinalização, Locação, Remoção de Pavimento, Movimentação de Terra, entre outros) que acontecem no procedimento de implementação de tubulações de esgoto para o método destrutivo e não destrutivo abordados. Autores de referência ao Saneamento, como Nuvolari (2011) e Tsutiya, Sobrinho (2011), foram visitados tal qual a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Desta forma, levantados os procedimentos a serem realizados para ambas as técnicas, visitou-se o Banco de Serviços da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), em portal eletrônico, levando ao procedimento de orçamentação a partir da coleta dos tipos de serviço, seus respectivos custos unitários e a análise de sua composição. O Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) foi alternativa ao sistema da COMPESA, quando os serviços estimados não eram encontrados no portal de uso primário.

O projeto hidráulico e levantamento planialtimétrico disponibilizados pela empresa, composto por planta baixa e perfil hidráulico, tornou possível a estimativa do quantitativo das atividades listadas no Orçamento. Foi necessário estimar alguns fatores, como a largura da vala (1,80m) e o tipo de Escoramento a ser utilizado, ambos embasados na NBR 12266 (ABNT, 1992). Esta etapa, enfim executada, possibilita a comparação entre os custos diretos para o método de abertura de trincheiras e o método não destrutivo.

4.2 Estimativa de Tempo de Execução

O tempo de execução da obra foi estimado para que se dimensionasse os custos sociais, frutos da implantação da linha de recalque a partir da metodologia destrutiva. Para a obtenção deste dado, foram dimensionadas as horas necessárias para cada tipo de serviço a partir dos índices de produtividade da mão-de-obra, que se encontram na composição de cada serviço coletado nos bancos de dados utilizados como referência. O Quadro 1 ilustra uma destas composições: A leitura permite o entendimento de que para 1m³ de reaterro executado.

Quadro 1 – Exemplo de Composição para o serviço de reaterro.

02.05.04U	REATERRO COMPACTADO MECANICAMENTE EM CAMADAS DE 0,20 M COM APROVEITAMENTO DO MATERIAL ESCAVADO.				Unidade	Valor
					M3	5,99
Código	Referência	Descrição	Unid.	Quant.	Preço (R\$)	
					Unitário	Total
MÃO DE OBRA						
980121U	COMPESA	SERVENTE	H	0,450	12,69	5,71

Fonte: Elaborado pelo autor – COMPESA, 2019.

Dimensionado o tempo gasto para cada tipo de serviço, a partir da pesquisa bibliográfica e do uso de termos de referência para execução de obra da COMPESA, foram deduzidos os serviços que em rotina de obra são contemplados em um mesmo intervalo de tempo e estes segregados em fases. O valor horário hegemônico de cada grupo foi somado e as horas totais de obra, enfim, estimadas.

4.3 Caracterização de Tráfego

Para que se caracterizasse a região de estudo, foram levantados os dados da quantidade de fluxo de veículos e ônibus das ruas localizadas no local de caminhamento da linha de recalque, concedidos pela Autarquia de Trânsito e Transporte Urbano do Recife (CTTU) em portal eletrônico e por meio de solicitação no Portal da Transparência de Recife para o mês de setembro, outubro e novembro.

As ruas da região foram mapeadas no software, conforme ilustra a Figura 2, e suas características de fluxo quanto à direção e sentido foram descobertas e inseridas a partir do recurso *Street View*, da Google, tal qual a locação dos sinaleiros e faixas de contenção.

A caracterização do tráfego acontece a partir da definição de múltiplas rotas que percorrem o escopo do Bairro. O software permite que sejam atribuídos índices probabilísticos ao direcionamento às vias, de forma que as principais recebam um maior volume de veículos originados de diferentes regiões do espaço de simulação. Os diferentes caminhamentos são elaborados, pelo software, a partir da elaboração de um fluxograma automatizado aos comandos do utilitário.

Este fluxograma, ao ser executado informa ao usuário a quantidade de veículos que chega aos variados destinos atribuídos como ponto final de caminhamento na elaboração do diagrama, em função do tempo. A quantidade de veículos total também é informada conforme posterior ilustração.

Figura 2 – Modelagem das ruas para a Região do Setor Santo Antônio.



Fonte: Elaborado pelo autor – AnyLogic, 2019.

4.4 Dimensionamento de Atraso Médio

Conforme o estabelecimento da dinâmica de trânsito do local, registrou-se por meio do software a quantidade de veículos que conseguem chegar ao seu destino final. A partir desta possibilidade, firma-se a metodologia para a descoberta do tempo médio de atraso que a execução da linha de recalque à luz do método de abertura de valas pode gerar aos veículos que permeiam pelo bairro.

Inicialmente, simulou-se o trânsito em seu estado regular. Foram contabilizadas a quantidade de veículos que chegam ao seu destino no período das 5:30 as 9:00 e das 10:30 as 14:00. Tais horários foram escolhidos por se destacarem na coleta de dados, apresentando picos de fluxo representativos.

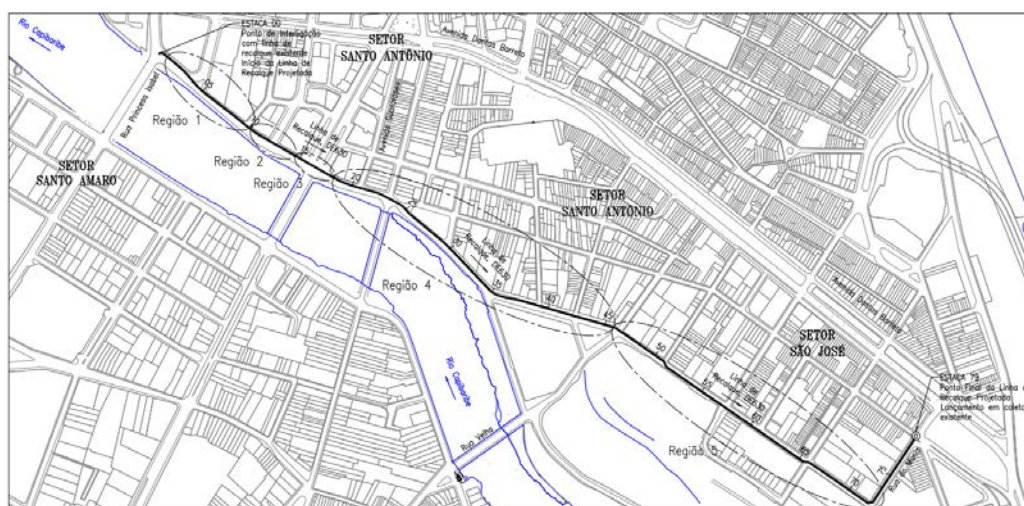
O recorte que define o objeto de estudo da pesquisa foi delimitado a tais intervalos de

tempo, por se tratarem de momentos em que o trâmite de automotores se encaminha à Ilha do Setor de Santo Antônio em função das atividades enquadradas na Região, conforme tópico da Caracterização. Ressalta-se que a pesquisa visa calcular o custo social pela estimativa baseada no valo horário do PIB, logo, o fluxo deve ser favorável ao horário da ida do turista e trabalhador ao seu ponto de atuação.

Calculadas as dinâmicas veiculares para ambos os períodos, elimina-se a quantidade de carros que participam da primeira meia hora de cada um, pois este tempo para cada simulação realizada teve o fim de caracterizar o tráfego em funcionamento, uma vez que no período inicial de contagem as ruas da simulação se encontravam vazias.

As vias de trânsito em que a tubulação será executada são reduzidas a 1 faixa, ou obstruídas em totalidade (Avenida Capibaribe-Rio). Desta forma, a obra do projeto da linha de recalque foi segmentada em 5 interrupções de trânsito que não acontecem em simultaneidade. Os referentes trechos são retratados na Figura 3. A interrupção de cada um destes segmentos foi simulada no algoritmo para que se entendesse a lógica de trânsito na ocorrência do distúrbio. O número de veículos que chega a seu destino final é contabilizado para ambos os horários demarcados.

Figura 3 – Via de projeto dividida em regiões.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

A diferença numérica entre a modelagem regular e as modelagens interrompidas, desta forma, é obtida. Posteriormente, o tempo em que essa diferença é vencida, ou seja, quando a quantidade de veículos se iguala entre os casos comparados, é o tempo que se considera de atraso referente ao sistema de tráfego estudado, conforme abordagem de Dezotti (2008).

As 5 regiões têm tempos diferentes de atraso, em decorrência da particularidade da disposição e uso de suas vias. Logo, realizou-se a média ponderada para que se encontre o tempo de atraso médio do horário de pico, e assim, o total de horas de atraso da obra é calculado a partir da estimativa de duração da obra em dias multiplicado as 6 horas consideradas como objeto de estudo. A ponderação é feita com base no volume de movimentação de terra de cada um dos trechos: cada trecho apresenta uma porcentagem no volume do serviço.

As horas totais de atraso, assim que calculadas, foram introduzidas à técnica de valoração de custos sociais abordada por Dezotti (2008), retratada em tópico específico neste artigo. A média do valor da hora de trabalho é calculada com base na população total de Recife, não se limitando à população economicamente ativa, uma vez que para este trabalho não se fez viável estimar a quantidade de trabalhadores afetados pela perturbação nas linhas de tráfego. Assim, a média de carros para os 5 casos de interrupção, excluindo os automóveis

em fluxo na primeira meia-hora dos tráfegos da simulação, multiplicada por 4, representa a quantidade de pessoas que seriam afetadas a cada dia pela execução das obras públicas no método de abertura de trincheiras, nos horários de pico anteriormente referenciados.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A estimativa de custos diretos, obtidos por meio da etapa da orçamentação, retratou características peculiares a ambos os métodos. Conforme apontam as Tabelas 1 e 2, referentes às categorias de serviços para a implementação da linha de esgoto, existe uma moderada distribuição de porcentagem de custo para os serviços relacionados ao método destrutivo, enquanto que para o não destrutivo, é notório que o encarecimento se concentra no processo de assentamento da tubulação enquanto as demais colunas de atividades apresentam valores extremamente baixos quando comparados à etapa mais onerosa.

Tabela 1 – Custo do método destrutivo discriminado em categorias.

Método de Abertura de Valas						
Item	Serviço	Horas de Serviço	Custo Unitário Médio (R\$)	Custo Total (R\$)	%	R\$/metro
1	Sinalização	126,4	0,79	2.482,75	0,05%	1,58
2	Locação, Demarcação e Nivelamento	96	2,66	5.579,27	0,11%	3,54
3	Remoção de Pavimento	862,7	22,95	65.986,60	1,25%	41,90
4	Manuseio de Entulho	13,0	2,82	18.559,76	0,35%	11,78
5	Movimentação de Terra	16381,6	18,21	302.054,07	5,72%	191,78
6	Escoramento	6630,0	21,63	237.312,88	4,49%	150,67
7	Esgotamento	2000	17,30	34.600,00	0,65%	21,97
8	Assentamento de Tubulação	1185	2840,00	4.487.193,18	84,93%	2849,01
9	Repavimentação	203,5	567,36	129.802,27	2,46%	82,41
Somatória Total:		27498,16	388,19	5.283.570,78	100%	3354,65

Fonte: Elaborado pelo autor – COMPESA, 2019.

Tabela 2 – Custo do método não destrutivo discriminado em categorias.

Método Não Destrutivo (HDD)						
Item	Serviço	Horas de Serviço	Custo Unitário Médio (R\$)	Custo Total (R\$)	%	R\$/metro
1	Sinalização	12,8	0,79	251,42	0,00%	0,16
2	Locação, Demarcação e Nivelamento	23,6	0,77	1.216,50	0,02%	0,77
3	Remoção de Pavimento	25,2	22,95	1.927,55	0,03%	1,22
4	Manuseio de Entulho	0,3	2,82	543,88	0,01%	0,35
5	Movimentação de Terra	96,1	13,37	4.789,41	0,07%	3,04
6	Assentamento de Tubulação	3465	4266,80	6.720.205,12	99,81%	4.266,80
7	Repavimentação	4,3	567,36	3.812,64	0,06%	2,42
Somatória Total:		3627,29	4874,85	6.732.746,51	1	4.274,76

Fonte: Elaborado pelo autor – COMPESA, 2019.

As sub-tarefas envolvidas ao serviço de assentamento, que basicamente fundamentam todo o processo executivo não destrutivo em vista do tempo e preço que são sacrificados à sua celebração, são atribuídas à pouca oferta de mão-de-obra especializada e equipamentos específicos no país uma vez que a primeira aplicação do método em território nacional foi

realizada há 23 anos (CELESTINO, 2016). Dezotti (2008) aponta a existência de uma forte tradição na opção pelo método de abertura de valas, todavia esta apresenta pouco desenvolvimento tecnológico desde o início da sua aplicação.

Observa-se que a execução tradicional para os dutos subterrâneos equivale a cerca de 78,47% do valor estimado ao método horizontal direcional. Entretanto, a partir da análise das composições de ambas as técnicas de assentamentos, como exemplifica a Tabela 3, percebe-se que o insumo de tubulação PEAD, integrante ao orçamento, tem peso extremamente significativo ao custo final desta etapa de obra para ambas as modalidades.

Tabela 3 – Composição do serviço de assentamento para o método destrutivo.

60.01.07U	COMPESA	ASSENTAMENTO DE TUBOS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE (PEAD), COM SOLDA POR TERM OFUSAO (TOPO), DIAMETRO 630 MM		Unidade	Valor
				M	2878,47
Código	Referência	Descrição	Quant.	Preço (R\$)	
				Unitário	Total
MÃO DE OBRA					
980121U	COMPESA	SERVENTE	0,750	12,69	9,52
980127U	COMPESA	SOLDADOR	0,188	15,81	2,96
EQUIPAMENTOS					
990233U	COMPESA	MAQUINA PARA SOLDAGEM DE TUBOS PLASTICOS POR TERMOFUSAO DE 315 A 630 MM DE DIAMETRO - SEM OPERADOR	0,1875	18,20	3,41
990262U	COMPESA	GRUPO GERADOR, GASOLINA, COM REGULADOR DE TENSAO MONOFASICO DE 6 KVA - SEM OPERADOR - CHP	0,0938	2,88	0,27
990225U	COMPESA	ALINHADOR/RASPADOR ROTATIVO DE TUBOS DE PEAD, DIAMETRO 90 A 400 MM - SEM OPERADOR	0,1875	137,2	25,73
MATERIAIS					
990239U	COMPESA	TERMOMETRO A LASER	1,03	0,07	0,07
010123U	COMPESA	CELUTROL	3,60	31,30	112,68
500129U	COMPESA	TUBO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE, PEAD, PE-80, DE= 630 MM X 57,3 MM PAREDE (SDR 11 - PN 12,5) PARA REDE DE AGUA OU ESGOTO (NBR 15561)		Unidade	Valor
				M	2723,83

Fonte: Elaborado pelo autor – **COMPESA**, 2019.

O duto, de valor unitário R\$ 2.723,83 por metro, quando retirado de ambas as composições, demonstra alta discrepância entre o valor total de ambas as obras. O método de abertura de valas e o horizontal direcional, respectivamente, apresentam valores de custos diretos totais de R\$ 850.809,84 e R\$ 2.314.013,29. Em contrapartida aos 76,74% encontrados inicialmente referentes ao valor da obra destrutiva em comparação a não destrutiva, o valor reduz-se a 36,76%. Torna-se mais simples de visualizar que o procedimento de assentamento de tubulação, para a abordagem mais moderna de execução, mostra-se imensamente mais oneroso em decorrência da tecnologia, inovação e ausência de mão-de-obra especializada a qual se exige para a aplicação.

A quantidade de horas gastas para o HDD é temporalmente mais enxuta, tal que o período gasto pela somatória das sub-tarefas inseridas nas categorias de serviço equivalem a cerca de 13,19% da técnica destrutiva. Tal percepção leva a discussão até a análise de valores que estão para além das onerações diretas. Os custos sociais, conforme cita a metodologia, são calculados em função da dedução de dias necessários para a conclusão da obra. Levantadas as operações e organizadas em fases referentes ao método de abertura de valas, foi estimado o número de dias em função da média de funcionários em frente de serviço, assim exemplificando o Quadro 2.

Estão previstos 129 dias para uma média de 4 funcionários, 104 dias de obras para 5 funcionários, enquanto que para 6 funcionários 86 dias e para 7 funcionários, 75 dias. São

consideradas uma margem de 3 possibilidades nesta abordagem em decorrência de desconhecimento do método e disposição da empresa a qual concorre para executar o projeto de estudo.

Quadro 2 – Estimativa de dias para conclusão da obra com base nos índices de produtividade.

Fase	Horas Unitárias de Serviço					Tempo total da fase (h)
1	Sinalização (h)	Locação Adutora (h)	Locação Obra (h)	Remoção Pavimento (h)	-	862,7
	126,4	23,6	288	862,7		
2	Escavação Mecanizada (h)	Escavação Manual (h)	Escoramento (h)	Preparo Fundo da Vala (h)	Assentamento (h)	6630
	688,9	5314,4	6630,0	229,3	1185	
3	Reaterro	Repavimentação	-			3748,3
	3748,31	203,52				
Número médio de funcionários por serviço:						5
Horas para mobilização de canteiro (5%):						112,4
Horas para execução completa da obra:						2360,6
Dias para realização da Obra:						99
Dias para realização da Obra com margem de erro (5%):						104

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

O Quadro 3 apresenta as variáveis componentes do cálculo de atraso médio e seu respectivo resultado considerado para a estimativa do custo social. Aponta-se que as 0,84h encontrados como resultado equivalem a 50 minutos de atraso médio para os 8.879 automóveis que trafegam em fluxo regular no período matutino e 8.861 automóveis no período vespertino. Ao todo, somam-se 17.740 veículos afetados e foram calculadas 1,5 pessoa por veículo, uma vez que é levado em consideração a presença do transporte público no levantamento, totalizando o balanço de 26.610 pessoas prejudicadas durante os hipotéticos períodos diários de fluxo congestionado em direção ao Centro do bairro de estudo.

Quadro 3 – Estimativa de atraso médio para o sistema de tráfego de estudo.

Região	Movimentação de Terra (m³)	Coefficiente de Ponderação	Chegada de carros em fluxo Regular - Matutino	Chegada de carros em fluxo Regular - Vespertino	Chegada de carros em fluxo alterado - Matutino	Chegada de carros em fluxo alterado - Vespertino	Tempo de atraso Médio (h)
1	2.382,70	0,13	8879	8861	7595	7379	0,68
2	1.486,44	0,08	8879	8861	7400	7988	0,38
3	1.526,89	0,08	8879	8861	4772	4789	3,05
4	5.671,15	0,31	8879	8861	5802	5714	1,08
5	7.381,01	0,40	8879	8861	7481	7488	0,33
Tempo médio ponderado de atraso por dia (h/dia):							0,84

Fonte: Elaborado pelo autor – AnyLogic, 2019.

Para o cálculo do custo social explanado no Quadro 4, foi considerado o PIB *per capita* da cidade de Recife respaldado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016). O custo social ponderado pelos coeficientes de Dezotti (2008) em decorrência de sua metodologia de cálculo encontra valores exorbitantes de perda à economia regional. Foi encontrado o intervalo de valores entre R\$ 5.604.440,84 a R\$ 3.258.395,72 em função dos 4 tempos de obra estimados para o método de abertura de valas. Tais onerações equivalem entre 6 a 4 vezes o valor dos custos diretos para a mesma modalidade. O valor de tal tipologia de custo assemelha-se até mesmo ao encontrado para a execução no método não destrutivo, que é de R\$ 6.732.746,51.

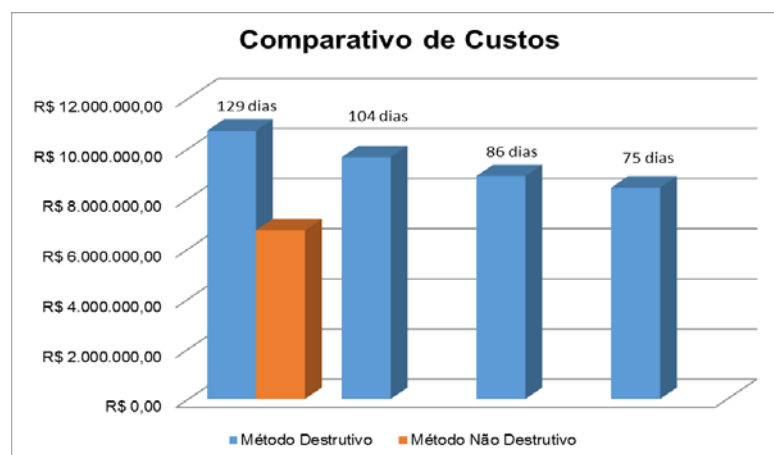
Quadro 4 – Levantamento de custos sociais para o método de abertura de valas.

PIB per capita (R\$/hab)	Dias Úteis Anuais	Jornada de Trabalho Média (h)	Valor da hora (R\$/h)	Dias de Obra	População Afetada	Atraso Médio por veículo (h)	Atraso Médio Total (h)	Custo Social Não Ponderado (R\$)	Custo Social Ponderado (Dezotti, 2008) (R\$)
31.513,07	304	8	13	129	26.610	108,36	2.883.459,60	37.362.937,59	5.604.440,64
31.513,07	304	8	13	104	26.610	87,36	2.324.649,60	30.122.058,21	4.518.308,73
31.513,07	304	8	13	86	26.610	72,24	1.922.306,40	24.908.625,06	3.736.293,76
31.513,07	304	8	13	75	26.610	63	1.676.430,00	21.722.638,13	3.258.395,72

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

À luz do Gráfico 1, é possível comparar ambas as opções de execução a partir da exposição dos custos totais referentes a somatória dos custos diretos e sociais para a abertura de valas em função dos dias de e os custos diretos para o HDD. Observa-se que o método não-destrutivo se torna viável quando considerado o prejuízo que o congestionamento traz à região em função da hipotética implementação da linha de recalque em método tradicional. Vale lembrar

Gráfico 1 – Comparação entre os custos para ambas as técnicas de execução



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

6. CONCLUSÕES

A partir da presente discussão dos resultados, sabe-se que se qualquer empresa de projetos analisar apenas os custos diretos para a obra, ela fará a opção óbvia pelo método de abertura de valas, devido a seu processo ser mais barato em altas proporções quando comparada ao método horizontal direcional. Entretanto, a empresa de estudo se mostra alinhada a visão dos custos sociais valorados em gastos, pois para o presente projeto estes se mostraram um dos pontos de relevância para que se apresentasse viabilidade econômica ao projeto da linha de recalque executado em método HDD.

Pela visão geral, é conclusivo que o método mais tecnológico deve ser aplicado a qualquer situação do cronograma de obra estipulado, em vista da grande diferença entre os valores associados ao método tradicional e ao seu comparativo. Analisa-se que em decorrência de um grande volume de concentração comercial e turística na região, justificando o denso fluxo de tráfego, foi um fator determinante para que se determinasse a viabilidade econômica associada a execução do projeto.

Destaca-se a importância da consideração dos custos sociais como fator de análise em vias comerciais e/ou turísticas, uma vez que tais operações impactam a arrecadação do cidadão e consequentemente do município. O mercado informal da região, que não foi discutido no

presente trabalho, também seria extremamente prejudicado.

Por fim, para além das etapas de valoração e orçamentação, entende-se que o tráfego atua como um sistema complexo e frágil, portanto seu planejamento para a execução de obras de infraestrutura devem contemplar de cuidado, planejamento e técnicas modernas e inovadoras, que busquem maximizar o processo de bem-estar e vida urbana de seu cidadão. Conforme aponta o presente artigo, seriam quase 2361 horas de fragmentação de trânsito caso houvessem optado pela aplicação da infraestrutura no método tradicional. Para além dos gastos monetários a cidade, conclui-se a necessidade de avaliar o bem-estar ambiental e populacional, conforme pronuncia Dezotti (2008).

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12266: Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana**. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ARAÚJO, M. S. P. **O comércio informal no Centro Expandido do Recife**. Caderno de estudos sociais, Recife, v. 27, n. 1, p.29-48, jan. 2012. Semestral.

AUTARQUIA DE TRÂNSITO E TRANSPORTE URBANO DE RECIFE (CTTU). **Fluxo de Veículos**. [s.d]. Disponível em: <<http://dados.recife.pe.gov.br/dataset/fluxo-de-veiculo-por-hora>>. Acesso em: 02 set. 2019.

CAMPOS, L. M. S. **Um Estudo para definição e identificação dos custos da qualidade ambiental**. 1996. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996. Cap. 3.

CELESTINO, R. N. **Método não destrutivo (MND) como alternativa de execução em sistemas de esgotamento sanitário - estudo de caso envolvendo análise em campo e projeto**. 2016. 112 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

CINTRA, M. **Os custos dos congestionamentos na cidade de São Paulo**. São Paulo: FGV, 2014.

COSTA, K. C.; PINTAUDI, S. M. **O Centro de Recife e suas formas comerciais: transformações e persistências**. 2002. Disponível em: <http://rc.unesp.br/igce/geografia/pos/downloads/2004/o_centro.pdf>. Acesso em: 04 out. 2019.

DEZOTTI, M. C. **Análise da utilização de métodos não-destrutivos como alternativa para redução dos custos sociais gerados pela instalação, manutenção e substituição de infra-estruturas urbanas subterrâneas**. 2008. 197 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **CENSO 2010**. 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>>. Acesso em: 25 mai. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produto Interno Bruto**. [s.d]. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php>>. Acesso em: 13 out. 2019.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL. **Bairro do Recife**. [s.d]. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/2_rota_patrimonio_bairro_do_recifepe.pdf>. Acesso em: 26 mai. 2019.

MOTTA, R. S. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 1997.

NAJAFI, M. **Tecnologia Não Destrutiva: Planejamento, Equipamentos e Métodos**. São Paulo: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2016.

NUVOLARI, A. et al. Esgoto Sanitário: **Coleta, Transporte, Tratamento e Reuso Agrícola**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011.

PERNAMBUCO. Companhia Pernambucana de Saneamento (Org.). Diretrizes Gerais para Elaboração dos Projetos de Rede Coletora de Esgoto. Recife: COMPESA, 2019.

RIGHI, R. B. S. **Recuperação e implantação de redes subterrâneas pelo método não destrutivo - perfuração horizontal direcional**. 2015. 64 f. Monografia (Pós-Graduação) – Especialização em Construção Civil, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

SANZ, M.A. **Comparativo de custos diretos entre a perfuração direcional horizontal e a abertura de vala para instalação de dutos**. 2017. 21 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

TISAKA, M. **Orçamento na Construção Civil: consultoria, projeto e execução**. São Paulo, Sp: Pini, 2006. 1 ed. Cap. 2.

TSUTIYA, M. T.; A. SOBRINHO, P.. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. 3. ed. Rio de Janeiro: Abes – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011.

VIANNA, G. S. B. **Mobilidade urbana no Brasil: uma estimativa do produto perdido em trânsito**. 2013. 49 f. TCC (Graduação) - Curso de Economia, Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

YOUNG, Carlos Eduardo Frickmann; AGUIAR, Camilla; POSSAS, Elisa. **Sinal fechado: custo econômico do tempo de deslocamento para o trabalho na Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. Revista Econômica, [s.l.], v. 15, n. 2, p.9-22, dez. 2013. Semestral.